ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

FICHE D'INFORMATION TECHNIQUE

Réacteur biologique à support fluidisé SMBR[MD] avec garnissage Peenox[MD]

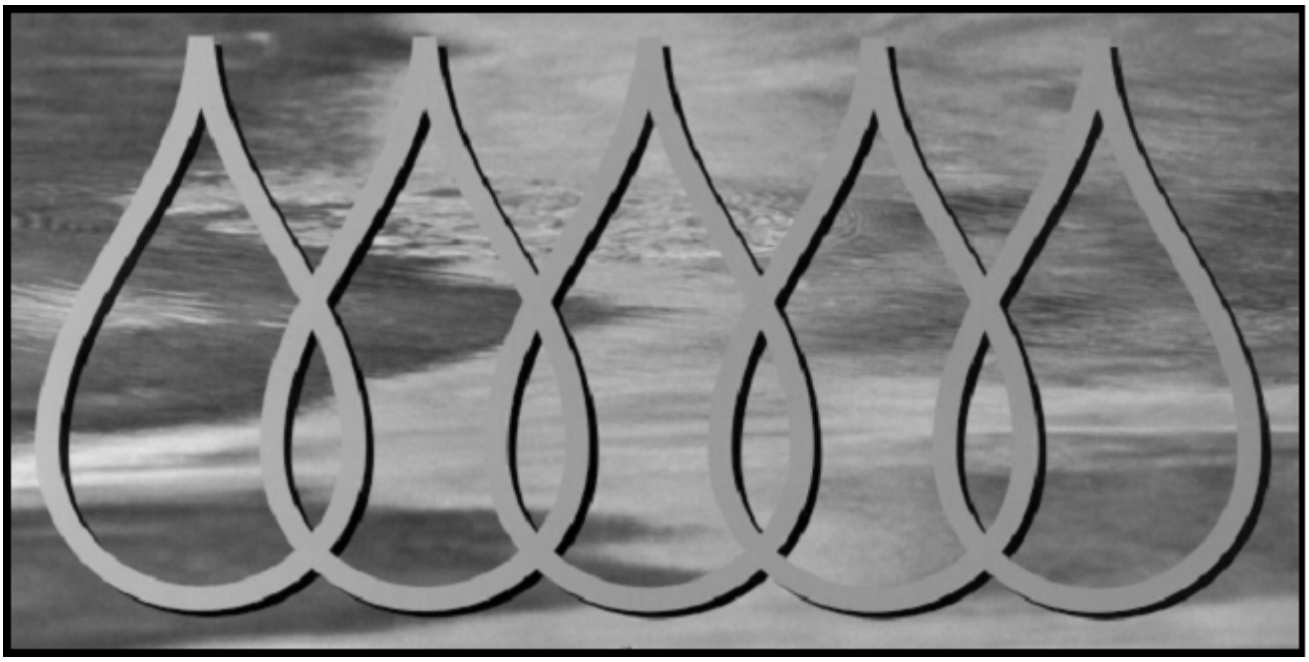
Domaines d'application :

Commercial, institutionnel et communautaire

Fiche de niveau :

En démonstration

Décembre 2008
Révision, mars 2010
Révision, décembre 2011
Révision, août 2012



Québec

1. DONNÉES GÉNÉRALES

- **Nom de l'équipement de procédé**

  Réacteur biologique à support fluidisé SMBR^{MD} avec garnissage Peenox^{MD}

- **Cadre juridique régissant l'installation de l'équipement de procédé**

  Chaque installation nécessite une autorisation préalable du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs en vertu de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

- **Nom et coordonnées du fournisseur**

Mabarex inc.
2021, rue Halpern
Montréal (Québec) H4S 1S3
Téléphone : 514 334-6721
Télécopieur : 514 332-1775
François Séguin, ing., M. Ing.
Sylvain Allard, T. P.
Courriel : fseguin@mabarex.com
Courriel : sallard@mabarex.com
Courriel : info@mabarex.com
Site Internet : www.mabarex.com

2. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

- **Généralités**

  Le réacteur biologique à support fluidisé SMBR^{MD} avec garnissage Peenox^{MD} est un équipement de procédé de traitement biologique à culture fixée sur un garnissage immergé qui est maintenu en mouvement dans la masse liquide. La biomasse qui se détache du garnissage est évacuée au fil de l'eau. La biomasse accumulée sur le garnissage est mise en contact avec le substrat, les nutriments et l'oxygène dissous grâce à l'agitation de la masse liquide dans les réacteurs.

  Le procédé ne nécessite pas de recirculation des boues et, conséquemment, il n'exige pas de contrôles particuliers du rapport F/M (DBO_5/matières volatiles en suspension) et de l'âge des boues.

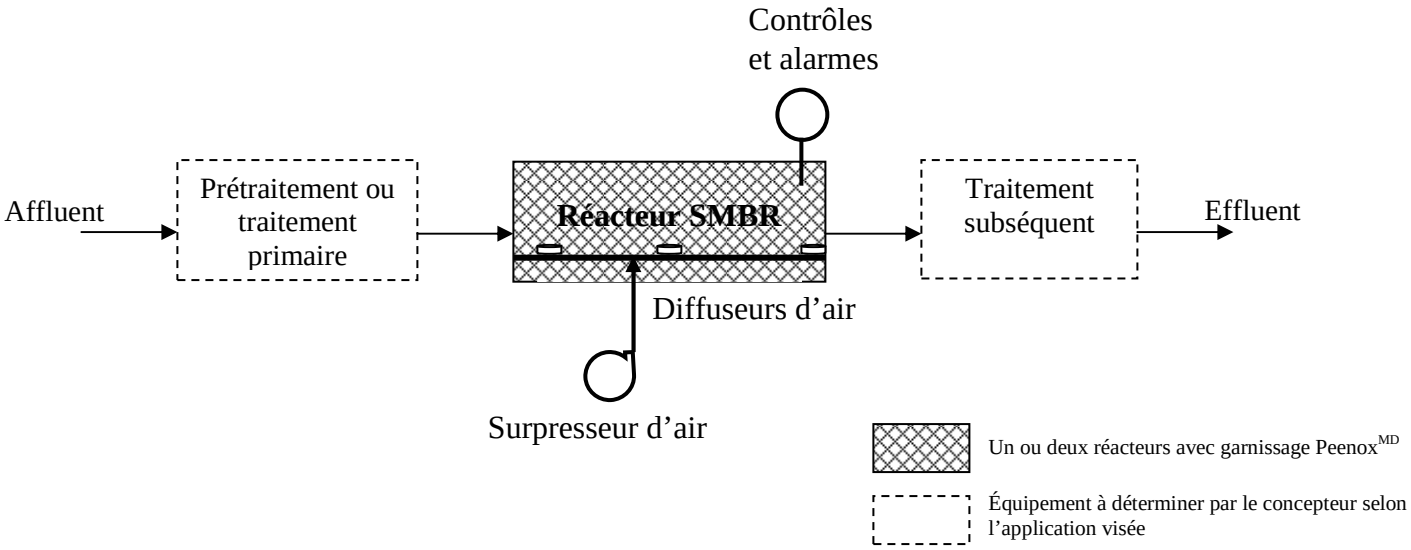
  Un système d'aération assure le transfert d'oxygène ainsi que le brassage de la phase liquide et du garnissage, et favorise le détachement de la biomasse produite au cours du processus de traitement.

- **Description détaillée**

  Le garnissage Peenox^{MD} est en polyéthylène à haute densité extrudé d'une densité nominale de 0,95, de forme cylindrique et d'un diamètre extérieur de 23 mm. Il a une surface volumique effective minimale de 400 m^2 par mètre cube de garnissage.

  Des grilles de retenue d'une ouverture de 12,5 mm maintiennent le garnissage dans les réacteurs.

- **Schéma de procédé**



- **Description de l'équipement de procédé évalué au cours des essais expérimentaux**

Site expérimental

Les essais se sont déroulés sur une période de 13 semaines. Les échantillons ont été prélevés du 26 février au 18 mai 2007 sur une unité pilote installée à la station d'épuration de Sainte-Hélène-de-Bagot, dont la chaîne de traitement existante est constituée d'un décanteur primaire statique suivi de biodisques rotatifs et d'un décanteur secondaire à vidange périodique des boues. Les eaux usées domestiques sont acheminées à la station de traitement de Sainte-Hélène-de-Bagot par un réseau d'égout municipal et sont relevées à la hauteur de la station de traitement par un poste de pompage. Au poste de pompage, elles sont mélangées avec des eaux usées industrielles provenant d'un abattoir. Le décanteur primaire a une surface de décantation de 86 m^2 et son temps de rétention hydraulique moyen est de 12 heures. Les boues du décanteur secondaire sont transférées dans le décanteur primaire, et les boues accumulées dans ce dernier sont transférées quotidiennement dans un bassin de stockage.

Lors des essais, les eaux usées de l'abattoir étaient prétraitées par flottation et contribuaient à la charge en DBO_5 dans une proportion qui variait de 10 à 75 %.

La caractérisation de la performance de l'équipement de procédé SMBR[MD] avec garnissage Peenox[MD] a été effectuée sur une unité pilote montée sur une plateforme. Un réservoir d'alimentation de 0,5 m^3 était rempli de façon continue par le pompage du surnageant clarifié du décanteur primaire de la station municipale. Une pompe alimentait deux réacteurs biologiques à support fluidisé de 2 m^3 chacun installés en série. Le temps de rétention hydraulique pour l'ensemble des deux réacteurs était de 9,53 heures au débit moyen appliqué de 419 L/h. Durant les essais, le débit a été modulé en paliers d'une semaine. Il a été ajusté à 50 % à 100 %, à 150 % ou à 200 % du débit de consigne de 367 L/h. La fraction du volume des réacteurs du pilote occupée par le garnissage était de 50 %.

Un mètre cube de garnissage avait été disposé dans chacun des réacteurs. Des diffuseurs à fines bulles généraient un niveau d'agitation suffisant pour maintenir le garnissage en mouvement, et la concentration en oxygène dissous s'est maintenue entre 2 et 10 mg/L dans les réacteurs. Le taux d'aération maintenu dans l'installation pilote était de 10,4 Nm^3 d'air/h/m^3 de réacteur.

Des grilles de retenue ayant une ouverture de 12,5 mm maintenaient le garnissage dans les réacteurs. L'installation pilote ne comportait pas d'unité permettant d'évaluer la performance d'une étape de décantation secondaire.

Description et taux de charge observés lors des essais expérimentaux

Réacteurs SMBR^{MD} :

- Nombre de réacteurs en série : deux (au cours de l'étude pilote)
- Temps de rétention hydraulique correspondant au débit moyen lors des essais : 4,77 h par réacteur (9,53 h au total pour les deux réacteurs)
- Taux de remplissage par le garnissage Peenox^{MD} lors des essais : 50 % du volume de chaque réacteur
- Charge appliquée lors des essais :
    - Taux de charge organique superficielle moyen : 5,9 g DBO_5/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 2,95 g DBO_5/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
    - Charge organique soluble superficielle moyenne : 3,2 g $DBO_{5soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 1,6 g $DBO_{5soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
- Aération et mélange :
    - Lors des essais, la capacité des aérateurs était supérieure aux besoins, et la concentration d'oxygène dissous observée se situait en moyenne à 7 et 9 mg/L dans les réacteurs 1 et 2 respectivement. Un taux moyen de 10,4 $Nm^3/h/m^2$ a été appliqué à l'unité pilote pour un remplissage de 50 % de garnissage.

3. PERFORMANCES ÉPURATOIRES OBTENUES AU COURS DES ESSAIS

Durant toute la période des essais, les eaux usées brutes arrivant à la station d'épuration provenaient d'un réseau d'égout municipal et contenaient les eaux usées industrielles prétraitées d'un abattoir. Les concentrations observées à l'entrée du premier bioréacteur SMBR^{MD} sont les suivantes :

Caractéristiques observées à l'entrée du premier bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Écart type
DCO (mg/L)	**586**	**329**	**1 110**	**228**
DBO_5 (mg/L)	**229**	**115**	**406**	**86**
$DBO_{5soluble}$ (mg/L)	**135**	**63**	**255**	**72**
MES (mg/L)	**246**	**98**	**700**	**153**
Pt (mg/L)	**9**	**4,7**	**17**	**5**
N-NTK (mg/L)	**52**	**30**	**92**	**22**
N-NH_4 (mg/L)	**43**	**19**	**92**	**17**
Débit (m^3/d)	**10,0**	**4,3**	**18,2**	**ND[2]**

1. Basé sur 23 résultats d'analyse pour la DCO, la DBO_5 et le N-NH_4, 12 pour la DBO_5 soluble, 22 pour les MES, 10 pour le Pt et 8 pour le NTK.
2. ND signifie « non disponible ».

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les concentrations obtenues à la sortie du premier bioréacteur SMBR^{MD} au cours des essais expérimentaux sont les suivantes :

Caractéristiques observées à la sortie du premier bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Écart type	LRMA[2]	LRMP[3]
DCO (mg/L)[4]	**377**	**169**	**530**	**808**
DCO cône Imhoff (mg/L)[4, 5]	**93**	**35**	**133**	**210**
DBO_5 (mg/L)[4]	**171**	**68**	**231**	**334**
DBO_5 cône Imhoff (mg/L)[4, 5]	**38**	**23**	**65**	**129**
$DBO_{5soluble}$ (mg/L)[4]	**6,9**	**2,9**	**11**	**20**
MES (mg/L)[4]	**249**	**80**	**327**	**452**
MES cône Imhoff (mg/L)[4, 5]	**32**	**12**	**42**	**60**
Pt (mg/L)[4]	**9,2**	**5,1**	**15**	**29**
NTK (mg/L)[4]	**40**	**18**	**67**	**141**
N-NH_4 (mg/L)[6]	**29**	**19**	**47**	**64**
Température (^oC)[7]	**14,1**	**1,4**	**s. o.**	**s. o.**

1. Basé sur 23 résultats d'analyse pour la DCO, la DBO_5 et les MES, 13 pour la DCO cône Imhoff, 19 pour la DBO_5 cône Imhoff, 12 pour la DBO_5 soluble, 18 pour les MES cône Imhoff, 10 pour le Pt, 8 pour le NTK et 22 pour le N-NH_4.
2. Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 12 résultats.
3. Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 3 résultats.
4. Selon une distribution logarithmico-normale.
5. Échantillons du surnageant après décantation de 30 minutes en cône Imhoff.
6. Selon une distribution normale.

7. Basé sur les mesures prises entre le 27 février et le 15 mai 2008 à la sortie du bioréacteur 1. Les températures minimale et maximale ont été respectivement de 12 et 18 °C.

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les concentrations obtenues à la sortie du second bioréacteur SMBR[MD] au cours des essais expérimentaux sont les suivantes :

Concentrations observées à la sortie du second bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Écart type	LRMA[2]	LRMP[3]
DCO (mg/L)[4]	**321**	**114**	**409**	**547**
DCO cône Imhoff[5, 6] (mg/L)	**57**	**16**	**74**	**91**
DBO_5 (mg/L)[4]	**140**	**55**	**193**	**285**
DBO_5 cône Imhoff (mg/L)[4, 6]	**22**	**13**	**34**	**62**
$DBO_{5soluble}$ (mg/L)[5]	**6,6**	**3,4**	**10**	**14**
MES (mg/L)[5]	**221**	**58**	**274**	**327**
MES cône Imhoff (mg/L)[4, 6]	**20**	**4,9**	**25**	**32**
Pt (mg/L)[4]	**8,3**	**4,0**	**13**	**24**
NTK (mg/L)[4]	**19**	**6,6**	**25**	**37**
N-NH_4 (mg/L)[4]	**4,6**	**5,9**	**12**	**39**
Température (^oC)[7]	**14,5**	**1,5**	**s. o.**	**s. o.**

1. Basé sur 23 résultats d'analyse pour la DCO, la DBO_5 et les MES, 13 pour la DCO cône Imhoff, 19 pour la DBO_5 cône Imhoff, 12 pour la DBO_5 soluble, 18 pour les MES cône Imhoff, 10 pour le Pt, 9 pour le NTK et 23 pour le N-NH_4.
2. Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 12 résultats.
3. Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 3 résultats.
4. Selon une distribution logarithmico-normale.
5. Selon une distribution normale.
6. Échantillons du surnageant après décantation de 30 minutes en cône Imhoff.
7. Basé sur les mesures prises entre le 27 février et le 15 mai 2008 à la sortie du bioréacteur 2. Les températures minimale et maximale ont été respectivement de 12,4 et 18,9 °C.

Le Comité d'évaluation des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique (Comité) considère que le calcul des LRMA et LRMP n'est valable que pour des conditions d'application similaires à celles observées lors des essais.

4. EXPLOITATION ET ENTRETIEN

Pour chaque installation, un manuel d'installation et d'entretien du système de traitement SMBR[MD] doit être fourni au maître d'ouvrage. Tous les projets soumis pour autorisation doivent faire référence à ce document. Après la mise en service, l'ingénieur doit fournir un manuel d'exploitation pour l'ensemble de l'ouvrage qui inclut le manuel d'installation et d'entretien du système de traitement SMBR[MD]. Les recommandations sur l'utilisation, l'exploitation, l'inspection et l'entretien des équipements qui proviennent de ces manuels et qui visent à obtenir la performance technologique attendue engagent la responsabilité du fournisseur et de l'ingénieur.

La performance attendue des bioréacteurs dépend de l'utilisation, de l'exploitation et de l'entretien des équipements. L'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution ne peuvent être tenus responsables si le système n'est pas utilisé selon les recommandations formulées dans le manuel du fournisseur et le manuel complémentaire de l'ingénieur.

5. DOMAINES D'APPLICATION

Les conditions observées à l'installation expérimentale correspondaient aux conditions d'essai spécifiées pour les domaines d'application suivants : commercial, institutionnel et communautaire.

6. CLASSE DE PERFORMANCE

Comme l'indique le document intitulé *Procédure de validation de la performance des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* préparé par le Comité, aucune classe de performance n'est établie pour la performance d'un équipement de procédé.

La moyenne et l'écart type indiqués pour les paramètres de suivi à la sortie de l'équipement sont donnés à titre indicatif. Les limites de rejet (LRMA et LRMP) constituent une indication de la capacité de l'équipement de procédé à respecter les objectifs de traitement ou les exigences de rejet 99 % du temps avec un degré de confiance de 95 % pour les cas de charge observés lors des essais.

Étant donné les exigences de rejet édictées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, lorsque cela est applicable à la sélection des équipements, les LRMA, LRMS et LRMP peuvent être comparées aux exigences définies en moyenne annuelle, en moyenne saisonnière et en moyenne trimestrielle respectivement selon le suivi recommandé à la stations concernée.

S'il y a lieu, dans le cas de la DBO_5, la DBO_5 particulaire doit être ajoutée à la DBO_5 soluble pour définir la capacité de l'équipement de procédé ou de la chaîne de traitement à respecter une exigence de rejet exprimée en DBO_5 totale.

7. VALIDATION DU SUIVI DE PERFORMANCE

Le Comité a vérifié les rapports d'ingénierie et de suivi de la performance de l'équipement de procédé préparés par Mabarex inc. suivant les prescriptions énoncées dans la *Procédure de validation de la performance des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique*.

Il a jugé que les données obtenues au cours du suivi des essais expérimentaux effectués à la station d'épuration de Sainte-Hélène-de-Bagot répondent aux critères d'évaluation définis dans les procédures pour la publication d'une fiche d'information technique de niveau « **en démonstration** ».

L'équipement de procédé doit être conçu, installé, exploité et entretenu de manière à respecter les performances épuratoires visées.

Les données contenues dans cette description de performance pourront être révisées, à la hausse ou à la baisse, à la suite de l'obtention d'autres résultats.

La présente fiche d'information technique constitue une description de la performance obtenue par l'équipement de procédé sur une plateforme d'essai. Elle ne constitue pas une certification ou une autre forme d'homologation. Le Comité ainsi que le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs ne peuvent être tenus responsables de la contre-performance d'un système de traitement d'eaux usées conçu suivant les renseignements contenus dans cette fiche d'information technique.

L'entreprise demeure responsable de l'information fournie, et les vérifications effectuées par le Comité ne dégagent en rien l'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution de leurs obligations, garanties et responsabilités.

8. RECOMMANDATIONS DU FOURNISSEUR

Prétraitement et traitement primaire :

Selon l'application visée, le concepteur jugera de la pertinence de prévoir un dessablage ou une décantation primaire. Un dégrillage sur un tamis d'au plus 10 mm doit être prévu pour éviter le colmatage des grilles de retenue du garnissage dans les réacteurs.

Réacteurs SMBR[MD] :

- Les réacteurs peuvent être enfouis pour répondre aux besoins spécifiques du projet.
- La surface spécifique protégée (disponible pour la croissance du biofilm) de garnissage requise est déterminée en considérant le taux de charge organique soluble superficiel (TCO), à l'aide de l'équation suivante :

  Surface spécifique totale de garnissage = (DBO_5 soluble dans l'affluent x débit moyen de conception)/TCO.

  L'ingénieur doit fournir des données en DBO_5 soluble afin d'établir la surface spécifique requise et comparer les résultats présentés dans cette fiche avec les rendements requis pour son projet.
- Taux de remplissage par le garnissage Peenox[MD] : 50 % du volume de chaque réacteur au cours de l'essai expérimental. Il est possible d'utiliser un pourcentage de remplissage variant de 30 à 70 %. Le volume utile du bioréacteur est obtenu en divisant le volume de garnissage requis par le pourcentage de remplissage sélectionné.
- Charge appliquée lors des essais :
  - Charge organique soluble superficielle moyenne lors des essais : 3,2 g $DBO_{5soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 1,6 g $DBO_{5soluble}$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
  - Charge superficielle moyenne en azote ammoniacal de 0,73 g N-NH_4/d par mètre carré de garnissage sur le second réacteur
- Même si le temps de résidence hydraulique (TRH) ne constitue pas en soi un critère de dimensionnement pour les bioréacteurs SMBR[MD], il demeure toutefois, comme le mentionnent McQuarrie et Boltz[*], qu'un TRH d'au moins 30 minutes au débit maximal instantané doit être maintenu dans les systèmes de débourrage.

Note : Lorsque la température des eaux usées à traiter est inférieure à 10 °C, des corrections de la charge superficielle appliquée sont nécessaires lors de la conception, en tenant compte d'un facteur de correction, pour maintenir la performance épuratoire visée à l'effluent.

- Aération et mélange :
  - La quantité d'oxygène dissous dans l'eau du réacteur doit être maintenue à une valeur d'au moins 2 mg/L.
  - Le taux d'aération doit être suffisant pour assurer le brassage et un mélange uniforme du garnissage dans le réacteur. Il dépend de la charge à traiter et de la géométrie du système (profondeur d'eau, forme des bassins, type et disposition des rampes d'aération).
- Contrôles et alarmes :
  - Un interrupteur de haut niveau déclenche une alarme dans les réacteurs. Des alarmes sont activées également s'il y a des problèmes de fonctionnement du ou des surpresseurs.
  - Le contrôle de l'oxygène dissous pour l'optimisation de la consommation énergétique est optionnel.
  - L'installation d'un système anti-mousse peut être recommandée au besoin. Ce système est indispensable pour la période de mise en service.

Traitement subséquent :

Le concepteur doit sélectionner les unités de traitement additionnelles requises selon l'application visée.

Si l'installation d'un seul réacteur est planifiée, un traitement biologique additionnel peut être requis afin de pouvoir respecter des exigences de rejet de 25 mg DBO_5/L ou des exigences plus sévères, en moyenne périodique.

Afin de respecter les exigences de rejet relatives aux matières en suspension à l'effluent du système de traitement, un dispositif adéquat pour la séparation des solides et des liquides doit être prévu. Il devient alors essentiel de prévoir les équipements de décantation, de flottation ou de filtration nécessaires.

Si une décantation secondaire est planifiée dans le cadre d'un projet, il faut prévoir les équipements de décantation nécessaires. Divers facteurs peuvent influencer la performance, surtout s'il s'agit de petits décanteurs, notamment les processus de dénitrification (surtout lorsque le temps de rétention des boues dans le décanteur augmente), divers problèmes de court-circuitage, etc. Il faut donc prévoir des déflecteurs pour dissiper l'énergie à l'entrée du décanteur, des déflecteurs de sortie, des systèmes de récupération des écumes, une extraction automatisée des boues à intervalles rapprochés, ainsi que des équipements de dosage de sels métalliques ou de polymères pour faciliter la décantation.

[*] McQuarrie, J. et Boltz, J. « Moving Bed Miofilm Reactor Technology: Process Applications, Design and Performance », *Water Environment Research*, vol. 83, n° 6, 2011, p. 560-575.